

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΥΟ ΣΠΗΛΑΙΩΝ ΣΤΑ ΝΗΣΙΑ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ ΚΑΙ ΖΑΚΥΝΘΟΥ

Από τον

A. ΖΕΛΗΛΙΔΗ

ΣΥΝΟΨΗ

Η ευστάθεια και εξέλιξη των δύο μελετηθέντων σπηλαίων επηρεάζεται και ελέγχεται απ'τον συνδυασμό της στρωματογραφίας των γεωλογικών σχηματισμών, όπου τα δύο σπήλαια σχηματίστηκαν, την κλίση της στρώσης τους, καθώς και τη διεύθυνση και κλίση των επιφανειών ασυνέχειας. Η μεγαλύτερη ευστάθεια παρατηρήθηκε εκεί όπου το σπήλαιο αναπτύσσεται μέσα σε παχυστρωματώδη πετρώματα με οριζόντια στρώση και χαμηλή γωνία κλίσης των επιφανειών ασυνέχειας. Όταν έχουμε παχυστρωματώδη πετρώματα με οριζόντια στρώση τότε έχουμε επίσης και την καλύτερη και μεγαλύτερη ανάπτυξη του σπηλαίου (μεγάλοι θόλοι με πλούσιο διάκοσμο). Στην περίπτωση αυτή υπάρχει δυνατότητα ανάπτυξης σπηλαιολογικού πάρκου. Η ανάπτυξη ενός σπηλαίου σε διαφορετικά υψομετρικά επίπεδα είναι δυνατή όταν τα στρώματα είναι κεκλιμένα. Η δημιουργία φυσικών λιμνών επιτυγχάνεται εκεί όπου υπήρχε η δυνατότητα παροχής κλαστικού υλικού (άργιλος -πηλός) μέσα στο σπήλαιο. Η απόθεση της αργίλου και του πηλού στο δάπεδο του σπηλαίου λειτουργεί ως ένας αδιαπέρατος στο νερό ορίζοντας, ενώ η σύγχρονη απουσία διαδρόμων διαφυγής του νερού, είτε μέσα απ'την στρώση, είτε μέσα απ'τις επιφάνειες ασυνέχειας, έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία των υπαρχόντων φυσικών λιμνών.

ABSTRACT

The two studied caves stability and evolution influenced and controlled by the combination of geological formations stratigraphy, where the two caves were formed, their bed dip as well as the dip and dip trend of discontinuity surfaces. The greatest stability observed there where the cave developed within thick bedded rocks with horizontal bedding and low angle discontinuity surfaces. When we have thick bedded rocks with horizontal bedding then we have also and the better and greater development of the cave (big domes with rich decoration). In this case there is the possibility of a speleologic park development. The development of one cave in different hypsometrically levels suitable when the beds are inclined. The creation of physical lakes obtained there where there was the possibility of clastic material (silt and clay) supply within the cave. The deposition of silt and clay on the cave floor act as one impervious to water horizon, whereas the synchronous absence of water escape

* Geological factors that influence the stability and evolution of two caves in Kefallinia and Zakynthos islands.

** A.Zelilidis. Department of Geology, University of Patras, 26110 Patras.

chutes, either within the bedding, or within the discontinuity surfaces, has as result the creation of the existing physical lakes.

1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Τα σπήλαια που μελετήθηκαν, αναπτύχθηκαν μέσα στις εξωτερικές Ελληνίδες, που περιλαμβάνουν την Γάβροβο-Τρίπολη, Ιόνια και Προ-Απούλιο: ή Παξών ισοπικές ζώνες αντίστοιχα (Αυβουίνα 1959, 1965) (Εικ. 1). Η Ιόνιος ζώνη είναι επωθημένη πάνω στην Προ-Απούλια ισοπική ζώνη. Η επώθηση αυτή είναι ορατή στα νησιά του Ιονίου Πελάγους Ζάκυνθο, Λευκάδα και Κεφαλλονιά. Η ανάπτυξη των σπηλαίων έγινε μέσα σε Κρητιδικούς ασβεστολίθους της Προ-Απούλιας ισοπικής ζώνης (Εικ. 2 και 4).

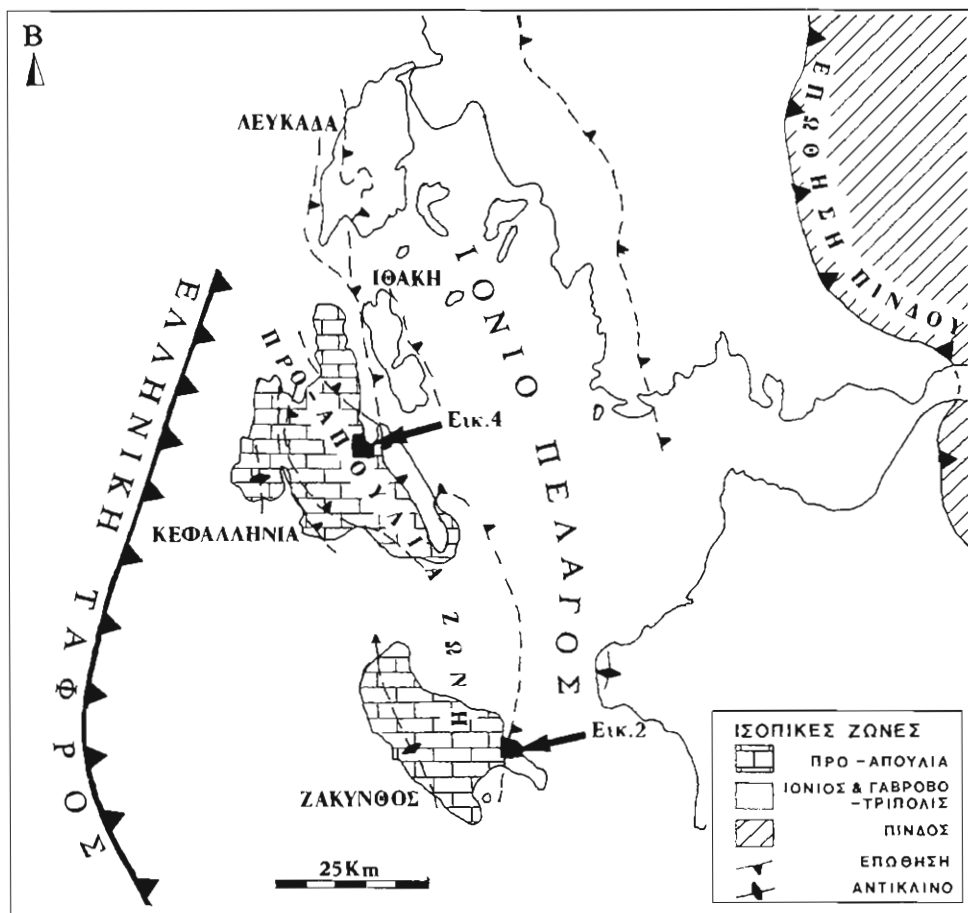
Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι λευκοί, λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις, υπολιθογραφικοί, εύθρυπτοι, εναλλασσόμενοι με μικρολατυποπαγείς ασβεστολίθους, με θραύσματα Ρουδιστών και Τρηματοφόρα (Perry & Temple 1980). Η Προ-Απούλια ισοπική ζώνη θεωρείται αυτόχθονη με βαριά τεκτονική και χαρακτηρίζεται από ανοιχτά αντίκλινα (Εικ. 1,2 και 4). Η ανάδυση της ζώνης αυτής συντελέστηκε κατά το Ελβέτιο με την εκδήλωση της νεώτερης Στυριακής πτύχωσης (Reitz 1940). Το κύριο χαρακτηριστικό της ζώνης αυτής είναι η συνεχής ανθρακική ιζηματογένεση με αποτέλεσμα την αδυναμία ανάπτυξης φλύσκη, που απαντάται στις υπόλοιπες εξωτερικές Ελληνίδες (Μπορνόβας 1964). Τα δύο σπήλαια που μελετήθηκαν είναι το Μαύρο Σπήλαιο ή Μεγάλη Τρύπα της κοινότητας Γυρίου, στο νησί της Ζακύνθου (Εικ. 1 και 2), και το σπήλαιο Αγγαλάκι, της κοινότητας Πουλάτων στο νησί της Κεφαλληνίας (Εικ.1 και 4).

Τα σπήλαια αυτά βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα της Προ-Απούλιας ζώνης και κοντά στην επώθηση της Ιόνιας ζώνης (Εικ. 1). Η μελέτη των σπηλαίων αυτών και τα συμπεράσματα που προέκυψαν στηρίχθηκαν σε γεωλογικές παρατηρήσεις και μετρήσεις τόσο έξω όσο και μέσα στα σπήλαια. Και τα δύο σπήλαια βρίσκονται πάνω απ' την επιφάνεια της θάλασσας. Άμεση πρόσβαση έχει μόνο το σπήλαιο της Ζακύνθου ενώ αντίθετα η αποκάλυψη του σπηλαίου στην Κεφαλλονιά έγινε λόγω της πτώσης της οροφής ενός θόλου (Εικ. 5) και ακόμη παραμένει μη προσβάσιμο. Η πρόσβαση σ' αυτό γίνεται μόνο με ειδικές συνθήκες (π.χ. με γερανό).

2. ΜΑΥΡΟ ΣΠΗΛΑΙΟ Η ΜΕΓΑΛΗ ΤΡΥΠΑ

2.α. Γεωλογικά χαρακτηριστικά.

1. Οι ασβεστόλιθοι στη θέση αυτή αποτελούν το ανατολικό κεκλιμένο σκέλος ενός ανοιχτού αντικλίνου. Το σκέλος αυτό φθάνει μέχρι την επώθηση της Ιόνιας ζώνης (Εικ. 1 και 2).
2. Η ανάπτυξη του σπηλαίου γίνεται μέσα σε λευκούς παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους. Στο εξωτερικό του σπηλαίου οι ασβεστόλιθοι, επίσης λευκοί, είναι έως λεπτοστρωματώδεις.
3. Η διεύθυνση κλίσης των στρωμάτων, μέσα και έξω απ' το σπήλαιο, είναι ΑΒΑ έως Α, ενώ η αριθμητική τιμή της κλίσης των στρωμάτων φθάνει μέχρι και τις 35° (Εικ. 2).
4. Η διεύθυνση ανάπτυξης του σπηλαίου είναι ΔΒΔ (Εικ. 3).
5. Οι επιφάνειες ασυνέχειας που μετρήθηκαν και επηρεάζουν την ανάπτυξη του σπηλαίου είναι:
 - α. παράλληλης διεύθυνσης με αυτή της ανάπτυξης του σπηλαίου (ΔΒΔ), και
 - β. εγκάρσιας διεύθυνσης με αυτή της ανάπτυξης του σπηλαίου (ΒΒΑ).
6. Οι κλίσεις των επιφανειών ασυνέχειας είναι μεγάλες, $>70^\circ$.

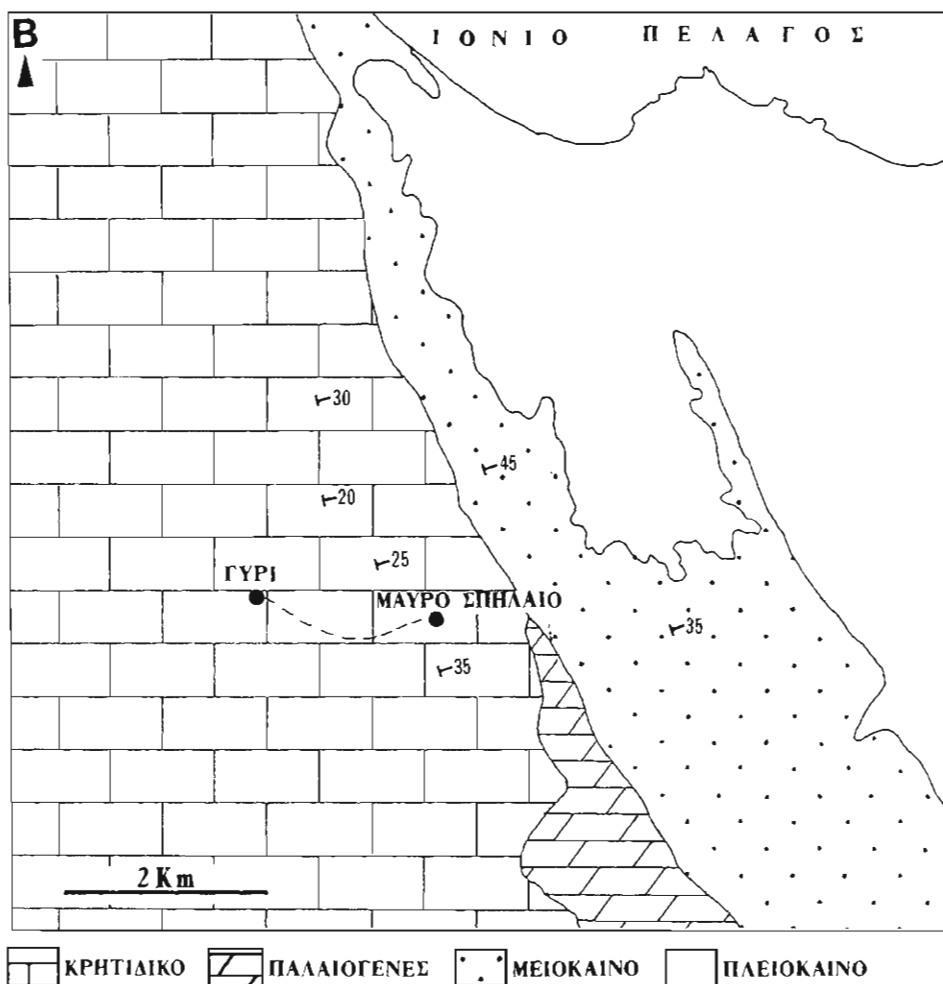


Εικόνα 1 : Δομικό περίγραμμα των Εξωτερικών Ελληνίδων (Προ-Απούλια - Ιόνιος και Γαβροβο Τρίπολις), δείχνοντας τη θέση των κύριων επωθήσεων στην περιοχή της προχώρας. Η Ιόνιος και Γάβροβο-Τρίπολις ζώνη δίνονται μαζί.

2.β. Γενικές πληροφορίες και στοιχεία που σχετίζονται με το σπήλαιο.

1. Το σπήλαιο αναπτύσσεται 600 μέτρα πάνω απ'την επιφάνεια της θάλασσας.
2. Ο εσωτερικός διάκοσμος του σπηλαίου δεν είναι πολύ πλούσιος, ενώ κρίνοντας απ'το πάχος των σταλακτικών και σταλαγμιτών, φαίνεται ότι το σπήλαιο αυτό είναι πιθανά νέο.
3. Το ορατό μήκος του σπηλαίου φθάνει τα 100 μέτρα (Εικ. 3Α). Υπάρχουν ενδείξεις αλλά και πληροφορίες ότι το σπήλαιο αυτό έχει πολύ μεγαλύτερο μήκος. Στο τέλος του επισκέψιμου τμήματος του σπηλαίου υπάρχει άνοιγμα που οδηγεί πιθανόν σ'ένα άλλο, χαμηλότερο υψομετρικά, επίπεδο (Εικ. 3Α). Το άνοιγμα αυτό σήμερα είναι κλειστό από ανθρώπινη επέμβαση για καθαρά λόγους ασφάλειας.
4. Υπάρχουν τέσσερις αίθουσες σε διαφορετικά υψομετρικά επίπεδα (Εικ. 3Β). Οι αίθουσες αυτές δεν είναι καλά ανεπτυγμένες με την ακριβή έννοια του όρου της αίθουσας. Αυτά τα διαφορετικού υψομέτρου επίπεδα αναπτύσσονται πάνω στη στρώση

και συνδέονται μεταξύ τους με κεκλιμένους διαδρόμους - στοές (Εικ. 3B). Η υψομετρική διαφορά της πρώτης απ'την τελευταία αίθουσα φθάνει τα 16 μέτρα, ενώ η μία αίθουσα απ'την άλλη έχουν 1 έως 5 μέτρα υψομετρική διαφορά (Εικ. 3B).



Εικόνα 2 : Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Μαύρου Σηλαίου ή Μεγάλης Τρύπας όπου φαίνονται και οι μεγάλες κλίσεις των στρωμάτων.

2.γ. Ευστάθεια και τρόπος ανάπτυξης - εξέλιξης του σηλαίου.

Ο συνδιασμός της διεύθυνσης κλίσης και της αριθμητικής τιμής της κλίσης των στρωμάτων με τις δύο διευθύνσεις των επιφανειών ασυνέχειας και τη μεγάλη αριθμητική τιμή της κλίσης τους έχει ως αποτέλεσμα:

1. Αποκολλήσεις τεμαχών στην οροφή. Οι αποκολλήσεις των τεμαχών αυτών γίνονται πάνω στη στρώση και εκεί όπου διασταυρώνονται οι δύο διευθύνσεις ασυνεχειών. Εξ' αιτίας αυτού του είδους των αποκολλήσεων, πάνω στη στρώση, έχουμε και την κύρια αιτία της δημιουργίας του σπηλαίου και την διαμόρφωση των αιθουσών - θόλων. Οι αποκολλήσεις αυτές γενικά κρίνονται χωρίς μεγάλη επικινδυνότητα, επειδή γενικά οι ασβεστόλιθοι είναι παχυστρωματώδεις και η διεύθυνση κλίσης των στρωμάτων αντίθετη απ' την διεύθυνση κλίσης των επιφανειών ασυνέχειας. Σε θέσεις όπου η διεύθυνση κλίσης των εγκαρσίων επιφανειών ασυνέχειας είναι αντίθετη απ' αυτή της διεύθυνσης κλίσης των στρωμάτων η μετατόπιση των τεμαχών είναι από μικρή έως μηδενική. Επιπλέον οι μετακινήσεις αυτές έχουν αποκατασταθεί δευτερογενώς, δηλαδή είναι ανενεργές, και συνεπώς ακίνδυνες. Η δευτερογενής αποκατάσταση επετεύχθη με την συγκόλληση των μετακινήθέντων τεμαχών από διαλυτοποίηση ανθρακικού ασβεστίου και ροή του μέσα στις επιφάνειες ασυνέχειας.

Επικίνδυνες μετακινήσεις θεωρούνται αυτές όπου η διεύθυνση κλίσης των εγκαρσίων επιφανειών ασυνέχειας (BBA διεύθυνσης) είναι ομόροπη με αυτή της διεύθυνσης κλίσης των στρωμάτων. Τέτοιες θέσεις υπάρχουν τέσσερις μέσα στο σπήλαιο, και γίνονται ακόμη πιο επικίνδυνες στα σημεία διασταύρωσης τους με τις παράλληλες διεύθυνσης ασυνέχειας (ΔΒΑ διεύθυνσης).

2. Αποκολλήσεις στα παραμέντα. Η κύρια αιτία αποκολλήσεων στα παραμέντα είναι οι παράλληλες διεύθυνσης ασυνέχειες, που φαίνεται να οριοθετούν τα παραμέντα του σπηλαίου. Οι αποκολλήσεις αυτές είναι μικρής έκτασης και με μικρή μετακίνηση, που στις περισσότερες περιπτώσεις φαίνεται να έχουν και εδώ αποκατασταθεί δευτερογενώς.

3. Στην είσοδο του σπηλαίου όπου διασταυρώνονται πολλές επιφάνειες ασυνέχειας δημιουργείται ζώνη έντονου κατακερματισμού των πετρωμάτων με αποτέλεσμα τη μείωση της ευστάθειας στη θέση αυτή. Η μειωμένη ευστάθεια επιτείνεται και απ' το γεγονός ότι: α) στη θέση αυτή τα στρώματα είναι πιο λεπτοστρωματώδη, και β) απ' τη θέση αυτή ξεκινάει και η ανάπτυξη ενός δεύτερου σπηλαίου με παράλληλη διεύθυνση με το κυρίως σπήλαιο (Εικ. 3Α).

2.δ. Συμπέρασμα.

Το σπήλαιο αυτό με βάση τις γεωλογικές παραμέτρους θεωρείται ότι έχει καλή ευστάθεια και αναπτύσσεται σε κλιμακωτά επίπεδα.

3. ΣΠΗΛΑΙΟ ΑΓΓΑΛΑΚΙ

3.α. Γεωλογικά χαρακτηριστικά.

1. Οι ασβεστόλιθοι στη θέση αυτή αποτελούν το ανατολικό οριζόντιο σκέλος ενός ανοιχτού αντικλίους. Το σκέλος αυτό φθάνει μέχρι και την επώθηση της Ιόνιας ισοπικής ζώνης (Εικ.1 και 4).

2. Η ανάπτυξη του σπηλαίου γίνεται σε δύο διαφορετικού πάχους στρωμένους ασβεστολίθους. Το κατώτερο μισό τμήμα του σπηλαίου αναπτύσσεται μέσα σε λεύκους παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους, ενώ το ανώτερο μισό μέσα σε λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους αναλόγου χρώματος.

3. Τα στρώματα είναι οριζόντια (Εικ. 4).

4. Η διεύθυνση ανάπτυξης του σπηλαίου είναι BBA (Εικ. SA,B) και γίνεται πάνω σε δύο άξονες με την ίδια διεύθυνση. Οι άξονες αυτοί διασταυρώνονται στο ΒΔ άκρο του σπηλαίου φέρνοντας έτσι σε επικοινωνία τα σπήλαια που δημιουργούνται σε κάθε άξονα. Στα ΝΑ άκρα του κάθε άξονα αναπτύσσεται και μια φυσική λίμνη, πάνω σε παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους (Εικ. 5B).

5. Οι επιφάνειες ασυνέχειας που μετρήθηκαν και επηρεάζουν την ανάπτυξη του σπηλαίου είναι:

α. παράλληλης διεύθυνσης με αυτή της ανάπτυξης του σπηλαίου (BBA), και

β. εγκάρσιας διεύθυνσης με αυτή της ανάπτυξης του σπηλαίου (ABA).

6. Οι κλίσεις των επιφανειών ασυνέχειας χωρίζονται σε δύο ομάδες:

α. με μεγάλη κλίση, $> 70^\circ$,

β. με χαμηλή κλίση, $< 40^\circ$.

7. Η επιφάνεια της γης που βρίσκεται 8-15 μέτρα πάνω απ'το σπήλαιο καλύπτεται από ερυθρογή, που συνίσταται από άμμο, πηλό και άργιλο. Το λεπτόκοκκο αυτό υλικό μεταφέρεται μέσα απ'τις επιφάνειες ασυνέχειας στο εσωτερικό του σπηλαίου.

3.β. Γενικές πληροφορίες και στοιχεία που σχετίζονται με το σπήλαιο.

1. Νοτιοανατολικά και σε προέκταση των δύο φυσικών λιμνών υπάρχουν αντίστοιχα δύο δρόμοι επικοινωνίας (Εικ. 5B). Ο πρώτος δρόμος επικοινωνίας, αναφέρεται στην ανατολικά ευρισκόμενη λίμνη, είναι κάτω απ'την στάθμη του νερού, συνδεδοντάς την με μια άλλη φυσική λίμνη, που αναπτύσσεται σ'ένα άλλο μη αποκαλυφθέν έγκοιλο. Στη μη προσβάσιμη αυτή λίμνη διαβιούν χέλια που είναι όμως τυφλά. Το έγκοιλο αυτό καθώς και η ύπαρξη των τυφλών χελιών διαπιστώθηκε από καταγραφές σε video ερασιτεχνών φυσιοδυσών. Ο δεύτερος δρόμος επικοινωνίας, αναφέρεται στην δυτικά ευρισκόμενη λίμνη και είναι πάνω απ'τη στάθμη του νερού. Η προέκταση αυτή δεν εξερευνηήθηκε ακόμη. Το μόνο στοιχείο που υπάρχει είναι ότι ψυχρό ρεύμα αέρα εισέρχεται προς το σπήλαιο απ'τη δίοδο αυτή. Επίσης στα παραμέντα της λίμνης αυτής και σε ορισμένες θέσεις υπάρχουν περιττώματα νυχτερίδων πάχους έως και 50cm.

2. Στο βορειοδυτικό άκρο του σπηλαίου υπάρχει ένας τρίτος δρόμος επικοινωνίας (Εικ. 5B). Αυτός ο δρόμος λειτουργεί ως δρόμος διαφυγής νερού, κ'αυτό γιατί, ενώ στο δάπεδο του σπηλαίου και στη θέση αυτή υπάρχει παχύς μανδύας πηλού και άργιλου, δεν μπορεί να σχηματιστεί φυσική λίμνη, εξ'αιτίας της διαφυγής του νερού διαμέσου τον τρίτου αυτού δρόμου διαφυγής.

3. Γεωφυσικές έρευνες στις BBA και NNA προεκτάσεις τον σπηλαίου έδειξαν την ύπαρξη νέων έγκοιλών (Εικ. 5B). Στο BBA άκρο, στο νέο αυτό έγκοιλο, αναπτύσσεται και φυσική λίμνη. Το έγκοιλο αυτό ξεκινάει 12 μέτρα κάτω απ'την επιφάνεια της γης και φθάνει μέχρι τα 35 μέτρα, συνδέεται δε πιθανόν με το αποκαλυφθέν σπήλαιο μέσα απ'τον τρίτο δρόμο επικοινωνίας. Στο NA άκρο του σπηλαίου και πέραν απ'το νέο έγκοιλο με τα χέλια, σε NA προέκταση, υπάρχει και νέο έγκοιλο που όμως δεν έχει νερό στο δάπεδο του.

4. Το σπήλαιο Αγγαλάκι μαζί με τα σπήλαια Δρογκαράτης, που αναπτύσσεται NNA του σπηλαίου Αγγαλάκι, και Μελισσάνης, που αναπτύσσεται BBA (του σπηλαίου Αγγαλάκι), εκτείνονται πάνω σε άξονα, πιθανά τον ίδιο, με BBA διεύθυνση (Εικ. 5A). Στο σπήλαιο Δρογκαράτη δεν υπάρχει φυσική λίμνη, ενώ αντίθετα το σπήλαιο Μελισσάνη αποτελεί στο σύνολό του μια μεγάλη φυσική λίμνη.

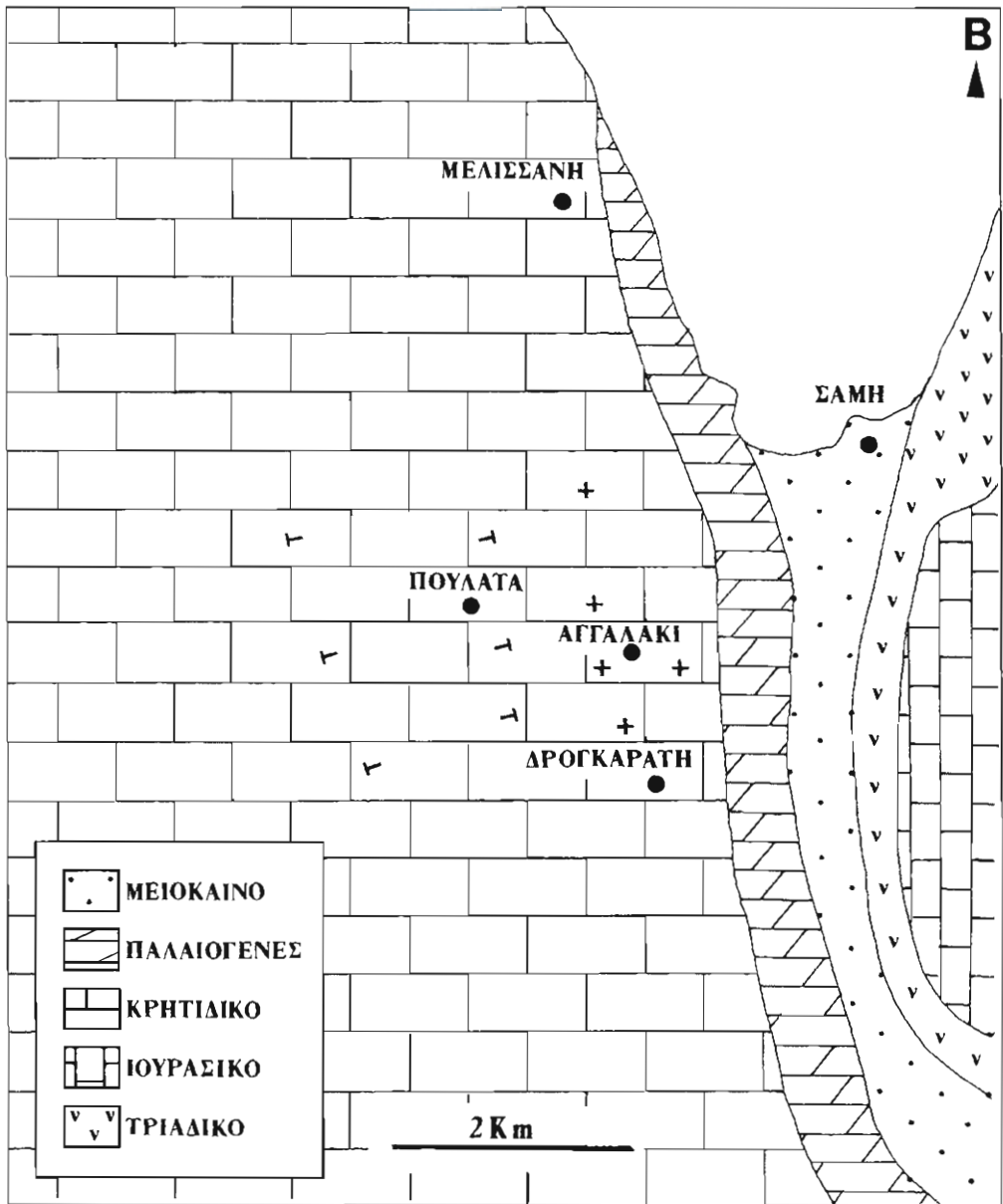
5. Ο εσωτερικός διάκοσμος του σπηλαίου Αγγαλάκι είναι πλούσιος και, κρίνοντας απ'το πάχος των σταλακτιτών και σταλαγμιτών, πολύ παλιός σε σχέση με το Μαύρο Σπήλαιο.

6. Τα τρία προαναφερθέντα σπήλαια αναπτύσσονται 40-50 μέτρα πάνω απ'την επιφάνεια της θάλασσας και 5-15 μέτρα κάτω απ'την επιφάνεια της γης.

7. Το μήκος του αποκαλυφθέντος σπηλαίου φθάνει τα 200 μέτρα, ενώ το συνολικό μήκος Δρογκαράτη-Αγγαλάκι-Μελισσάνη ξεπερνάει τα 3.500 μέτρα (Εικ. 4 και 5A).

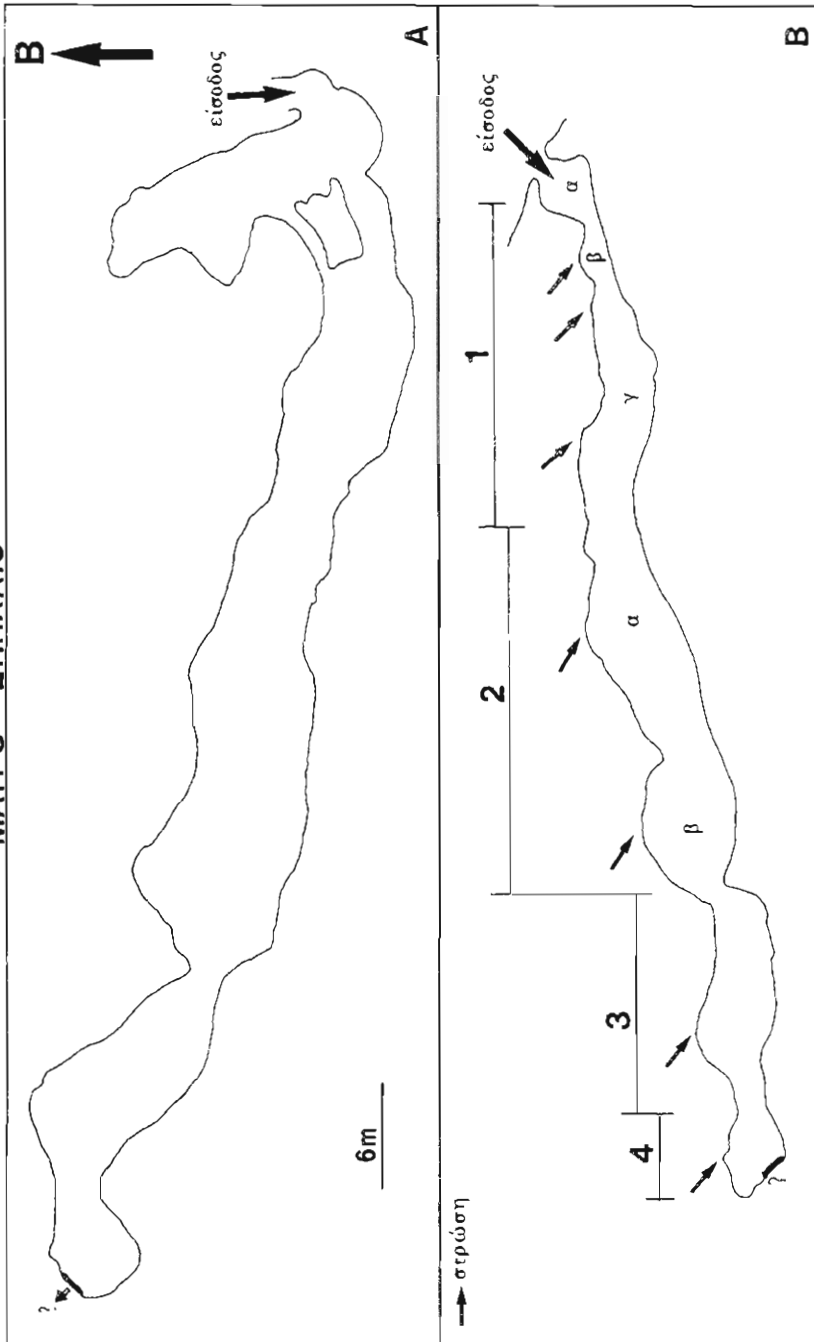
3.γ. Ευστάθεια και τρόπος ανάπτυξης - εξέλιξης του σπηλαίου.

Όπως και στο Μαύρο Σπήλαιο ή Μεγάλη Τρύπα, έτσι και εδώ η ευστάθεια του σπηλαίου επηρεάζεται απ'το συνδιασμό της διεύθυνσης και αριθμητικής τιμής της κλίσης των στρωμάτων και της διεύθυνσης και αριθμητικής τιμής της κλίσης των επιφανειών ασυνέχειας. Ο συνδιασμός αυτός έχει ως αποτέλεσμα:



Εικόνα 3: Α. Κάτοψη του Μαύρου Σπηλαίου. Β. Τομή κατά μήκος του άξονα του σπηλαίου όπου φαίνεται η ανάπτυξη του σπηλαίου σε διαφορετικά υψομετρικά επίπεδα.

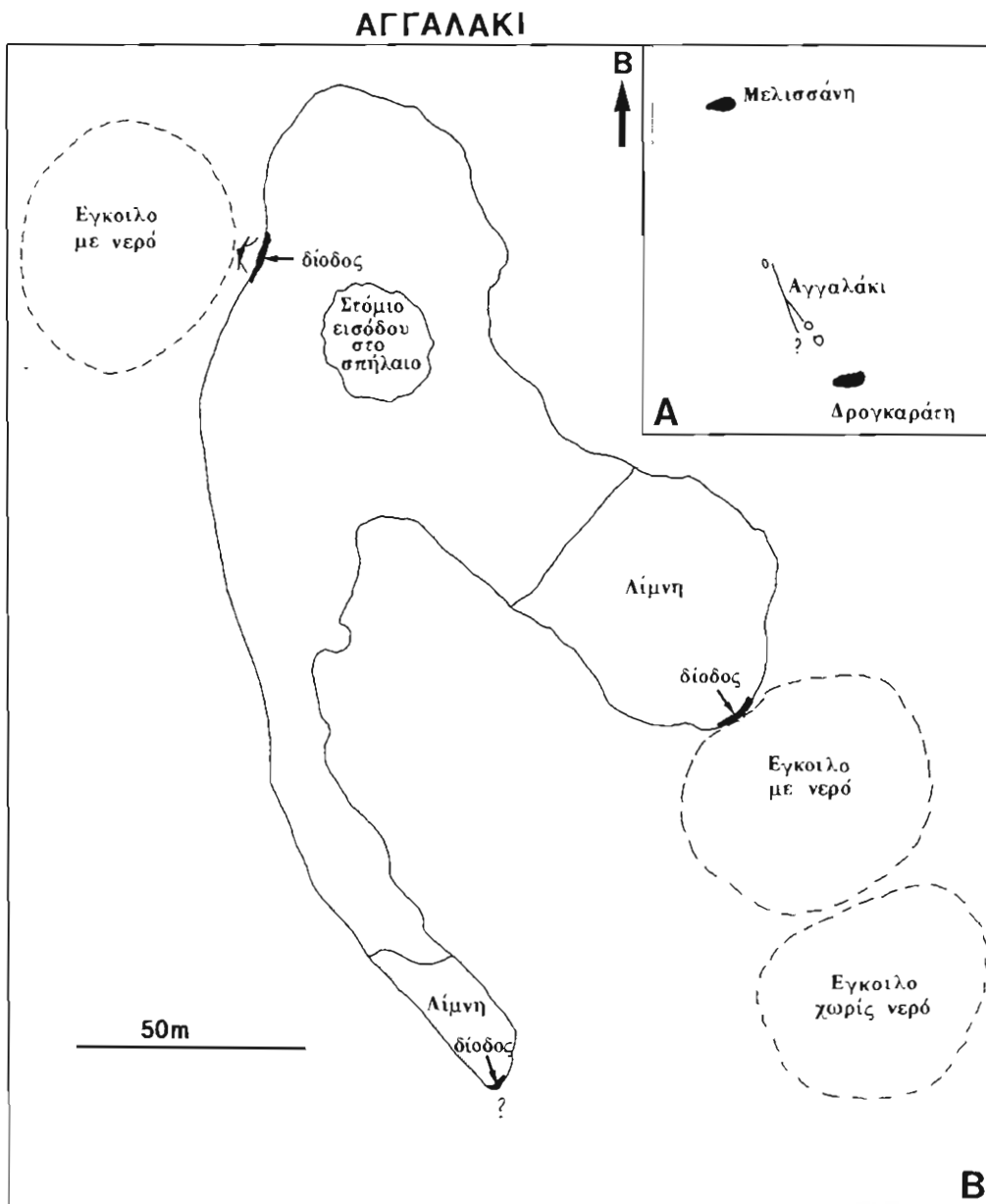
ΜΑΥΡΟ ΣΠΗΛΑΙΟ



Εικόνα 4: Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του σπηλαίου Αγγαλάκι όπου φαίνονται και οι οριόντιες κλίσεις των στρωμάτων μέσα στα οποία αναπτύχθηκε το σπήλαιο.

Εικόνα 5 : Α. Σκαρίφημα όπου φαίνεται η θέση του σπηλαίου Αγγαλάκι σε σχέση με αυτά της Δρογκαράτης και Μελισσάνης.

Β. Κάτωψη του σπηλαίου Αγγαλάκι όπου φαίνονται τόσο η πεσμένη οροφή του ενός θόλου όσο και οι δύο υπάρχουσες λίμνες.



1. Αποκολλήσεις τεμαχών στην οροφή. Οι αποκολλήσεις αυτές των τεμαχών γίνονται πάνω στη στρώση, που σ' αυτό το σπήλαιο τα προβλήματα ευστάθειας που δημιουργούνται είναι πιο έντονα γιατί:

α. οι ασβεστόλιθοι στην οροφή είναι λεπτοστρωματώδεις, και

β. τα στρώματα είναι οριζόντια και μπορούν έτσι να ξεκολλήσουν μεγάλης έκτασης πλάκες.

Οι αποκολλήσεις αυτού του είδους δημιούργησαν τους μεγάλους θόλους του σπηλαίου και βοήθησαν στην πτώση της οροφής, στη θέση όπου έγινε η αποκάλυψη του σπηλαίου (Εικ. 5B). Επίσης μέσα στην υπάρχουσα στοά υπάρχουν τουλάχιστον τέσσερις θέσεις άμμεσης αποκόλλησης τεμαχών απ' την οροφή. Οι θέσεις αυτές συνδιάζουν εκτός της οριζόντιας στρώσης των στρωμάτων και τη διασταύρωση των δύο διευθύνσεων επιφανειών ασυνέχειας.

2. Αποκολλήσεις τεμαχών στα παραμμένα. Οι αποκολλήσεις αυτές, που κύρια γεννιούνται από χαμηλής κλίσης επιφάνειες ασυνέχειας, δεν κρίνονται επικίνδυνες όταν αναφέρονται στο κατώτερο μισό τμήμα τον σπηλαίου με τους παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους. Μόνο σε 2-3 θέσεις υπάρχουν πτώσεις - μετακινήσεις μεγάλων τεμαχών, που όμως φαίνεται να έχουν πάρει την τελική τους θέση και δεν φαίνεται να επηρεάζουν την ευστάθεια του σπηλαίου. Αντίθετα στο ανώτερο μισό τμήμα του σπηλαίου με τους λεπτοστρωματώδεις ασβεστολίθους δημιουργούνται αποκολλήσεις, με ίχνη όμως μικρών μετακινήσεων.

3. Τη δημιουργία ζώνης έντονου κατακερματισμού στη θέση διασταύρωσης των δύο κυρίων επιφανειών ασυνέχειας, με ίδια διεύθυνση, που δημιουργούν τους δύο άξονες του σπηλαίου, με αποτέλεσμα τη μειωμένη ευστάθεια στις θέσεις αυτές. Οι θέσεις αυτές βρίσκονται: α) στο ΒΒΔ άκρο του σπηλαίου και επηρεάζουν την ευστάθεια των παραμμένων στη θέση αυτή, και β) στη θέση όπου ενώνονται οι δύο άξονες του σπηλαίου δημιουργείται μια ασβεστολιθική "μύτη", που σε συνδιασμό με τις εγκάρσιες επιφάνειες ασυνέχειας (ΑΒΑ διεύθυνσης) δημιουργούν και την πιο έντονα ασταθή θέση του σπηλαίου.

4. Τη δημιουργία φυσικών λιμνών. Οι φυσικές λίμνες δημιουργούνται εκεί όπου:

α. οι ασβεστόλιθοι είναι παχυστρωματώδεις,

β. υπάρχει μανδύας πηλού-αργίλου, που σκεπάζει το δάπεδο, δημιουργώντας στεγανό οριζόντιο και,

γ. δεν υπάρχει διάδρομος διαφυγής του νερού μέσα από επιφάνειες ασυνέχειας.

3.δ. Συμπέρασμα.

Το σπήλαιο Αγγαλάκι με βάση τις γεωλογικές παραμέτρους, θεωρείται ότι έχει μικρότερη ευστάθεια σε σχέση με το Μαύρο Σπήλαιο ή Μεγάλη Τρύπα, στο μισό ανώτερο τμήμα του, και καλύτερη ευστάθεια στο μισό κατώτερο τμήμα του. Επιπλέον το σπήλαιο αυτό έχει περισσότερες φυσικές ομορφιές και καλύτερες δυνατότητες πλευρικής και κατακόρυφης ανάπτυξης. Αναπτύσσεται δε σε οριζόντιο επίπεδο.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Απ' τη σύγκριση των δύο μελετηθέντων σπηλαίων φαίνεται ότι ευνοείται η καλύτερη (π.χ. διαστάσεις θόλων) και μεγαλύτερη (π.χ. μήκος σπηλαίων) ανάπτυξη ενός σπηλαίου εκεί όπου τα στρώματα μέσα στα οποία αναπτύσσεται είναι παχυστρωματώδη και οριζόντια. Στην ιδανική αυτή περίπτωση, φαίνεται ότι ανήκει το σπήλαιο Αγγαλάκι, υπάρχει δυνατότητα ανάπτυξης ακόμη και σπηλαιολογικού πάρκου. Το σπήλαιο Αγγαλάκι μπορεί να συνδέεται με τα σπήλαια Δρογκαράτης και Μελισσάνης μέσα από υποεπιφανειακούς θόλους και διαδρόμους, που είναι δυνατόν να γίνουν ακόμη και επισκέψιμοι. Οι προεκτάσεις που ερευνήθηκαν με γεωφυσικές μεθόδους και τα νέα έγκοιλα που βρέθηκαν υποστηρίζουν την εκδοχή αυτή. Για το λόγο αυτό χρειάζεται πιο λεπτομερής και σε μεγαλύτερο εύρος πεδίου, έρευνα.

Υπάρχει επίσης δυνατότητα να υπάρχουν παράλληλα προς το υπάρχον και άλλα σπήλαια, δημιουργηθέντα από παράλληλης διεύθυνσης επιφάνειες ασυνέχειας. Τα παράλληλα αυτά σπήλαια είναι δυνατόν να επικοινωνούν με το αποκαλυφθέν σπήλαιο εξ'αιτίας της ύπαρξης και δράσης των εγκαρσίων επιφανειών ασυνέχειας.

Το σπήλαιο Αγγαλάκι φαίνεται να είναι πιο μεγάλο, πιο πλούσιο σε διάκοσμο και φαινομενικά πιο παλιό (βασισμένο στην ανάλυση του διάκοσμου), απ'το Μαύρο Σπήλαιο ή Μεγάλη Τρύπα είτε α) γιατί το Αγγαλάκι αναπτύσσεται σε οριζόντια στρώματα ενώ το Μαύρο Σπήλαιο σε κεκλιμένα, οπότε και υπάρχει πιο σταθερή και μόνιμη εξέλιξη τον σπηλαίου Αγγαλάκι απ'ότι το Μαύρο Σπήλαιο, που εξελίσσεται προοδευτικά σε διαφορετικού υψομέτρου επίπεδα εξ'αιτίας των κεκλιμένων στρωμάτων, είτε β) γιατί πιθανόν το Αγγαλάκι δημιουργήθηκε νωρίτερα απ'το Μαύρο Σπήλαιο. Αυτή η δεύτερη εκδοχή μπορεί να ενισχυθεί αν λάβουμε υπ'όψη μας ότι το ορθογώνιο σύστημα των ΒΒΔ και ΑΒΑ διευθύνσεων των επιφανειών ασυνέχειας, που επηρεάζουν την ανάπτυξη του σπηλαίου Αγγαλάκι, πιθανόν σχετίζονται με το στάδιο μετά την σύγκρουση των Ελληνίδων (post-collisional stage of Hellenides) (Jacobshagen 1986). Το στάδιο αυτό λειτούργησε πριν απ'το στάδιο της διαστολής του Αιγαίου πίσω απ'το τόξο (Aegean back-Arc extension). Με το δεύτερο αυτό νεώτερο στάδιο συνδέεται το ορθογώνιο σύστημα των ΒΒΑ και ΔΒΔ διευθύνσεων (Doutsos, Kontopoulos & Frydas 1987) που επηρεάζει την διεύθυνση ανάπτυξης τον Μαύρου Σπηλαίου ή Μεγάλης Τρύπας.

Στο σπήλαιο Αγγαλάκι υπάρχει επίσης υδρόβιος ζωή που πρέπει να μελετηθεί (π.χ. χέλια, βλάστηση στον πυθμένα των λιμνών). Επίσης πρέπει να μελετηθούν τόσο τα περιττώματα των νυχτερίδων όσο και τα πηλούχα και αργιλούχα στρώματα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Απ'τη μελέτη και τη σύγκριση των δύο σπηλαίων προκύπτει ότι:

1. Η ευστάθεια των δύο σπηλαίων επηρεάζεται απ'τη στρωματογραφία των πετρωμάτων μέσα στα οποία αναπτύσσονται, την κλίση της στρώσης τους, καθώς και την διεύθυνση και κλίση των επιφανειών ασυνέχειας. Η μεγαλύτερη ευστάθεια (οροφής και παραμέντων) παρατηρήθηκε εκεί όπου το σπήλαιο αναπτύσσεται μέσα σε παχυστρωματώδη πετρώματα με οριζόντια στρώση και χαμηλή γωνία κλίσης των επιφανειών ασυνέχειας.

2. Καλύτερη και μεγαλύτερη ανάπτυξη του σπηλαίου (μεγάλοι θόλοι με πλούσιο διάκοσμο) επιτυγχάνεται όταν τα στρώματα είναι παχυστρωματώδη και οριζόντια.

3. Η ανάπτυξη ενός σπηλαίου σε διαφορετικά υψομετρικά επίπεδα ευνοείται όταν τα στρώματα είναι κεκλιμένα.

4. Η δημιουργία φυσικών λιμνών επιτυγχάνεται εκεί όπου υπάρχει η δυνατότητα παροχής και απόθεσης κλαστικού υλικού (άργιλος -πηλός) μέσα στο σπήλαιο. Η απόθεση της αργίλου και του πηλού στο δάπεδο του σπηλαίου λειτουργεί ως ένας αδιαπέρατος (στεγανός) ορίζοντας, ενώ συγχρόνως η μη ύπαρξη διαδρόμων διαφυγής του νερού είτε μέσα απ'τη στρώση, είτε μέσα απ'τις επιφάνειες ασυνέχειας έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία των υπάρχοντων φυσικών λιμνών.

5. Η πιθανή ηλικία των σπηλαίων που προέκυψε με βάση το τεκτονικό καθεστώς που επηρέασε την ανάπτυξη κάθε σπηλαίου, είναι μάλλον νεώτερη του Πλειστοκαίνου, για το Μαύρο Σπήλαιο ή Μεγάλη Τρύπα και ίσως παλαιότερο ακόμη και του Πλειοκαίνου για το σπήλαιο Αγγαλάκι.

Το τοπογραφικό διάγραμμα και η τομή του Μαύρου Σπηλαίου, εικόνα 3, έγινε από ερευνητική ομάδα Πολιτικών Μηχανικών και Αρχιτεκτόνων, αποτελούμενη απ'τους Π.Μαρούδα, Β.Παλιοθόδωρο, Π.Λιβέρη, Δ.Κωστή, Σ.Παντελέον και Ι.Σκάρτη, στα πλαίσια προκαταρκτικής μελέτης για την αξιοποίηση του σπηλαίου.

Το τοπογραφικό διάγραμμα του σπηλαίου Αγγαλάκι, εικόνα 5Α, έγινε από ερευνητική ομάδα του Πολυτεχνείου της Πάτρας με υπεύθυνο τον Λ.Σταματελάτο, στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος με θέμα την μελέτη αξιοποίησης του καρστικού σπηλαίου Αγγαλάκι και με επιστημονικό υπεύθυνο τον Επίκουρο Καθηγητή Κ.Παπαντωνόπουλο.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AUBOUIN, J. 1959. Contribution a l'étude geologique de la Grece septentrional: les confins de l'Épire et de la Thessalie. - *Ann Geol. des Pays Hellen.*, X, 1-525, Athenes.
- AUBOUIN, J. 1965. Geosynclines. Development in Geotectonics 1. -Elsevier publ. Amsterdam.
- DOUTSOS, T., ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ, Ν. & FRYDAS, D. 1987. Neotectonic evolution of northwestern- continental Greece. - *Geologische Rundschau* 76, 433-450.
- JACOBSHAGEN, V. 1986. Geologie von Griechenland. -Berlin/Stuttgart:Borntraeger, 363pp.
- ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ, Γ. 1964. Η Γεωλογία της νήσου Λευκάδας. - *Γεωλ. Γεωφ. Μελ.*, ΙΓΜΕ, 10, 1-143, Αθήνα.
- PERRY, L.G. & TEMPLE, P.G. 1980. Γεωλογικός Χάρτης Φύλλο Νήσος Ζάκυνθος, 1:50.000. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- RENZ, C. 1940. Die tektonik der griechischen Gebirge. - *Πραγματεΐαι Ακαδ. Αθηνών*, 8, 6, 1-171, Αθήνα.